

This Page Is Inserted by IFW Operations
and is not a part of the Official Record

BEST AVAILABLE IMAGES

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images may include (but are not limited to):

- BLACK BORDERS
- TEXT CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES
- FADED TEXT
- ILLEGIBLE TEXT
- SKEWED/SLANTED IMAGES
- COLORED PHOTOS
- BLACK OR VERY BLACK AND WHITE DARK PHOTOS
- GRAY SCALE DOCUMENTS

IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.

**As rescanning documents *will not* correct images,
please do not report the images to the
Image Problem Mailbox.**



Docket No.: SGL 02/22

I hereby certify that this correspondence is being deposited with the United States Postal Service as First Class Mail in an envelope addressed to the Commissioner for Patents, P.O. Box 1450, Alexandria, VA 22313-1450 on the date indicated below.

By: Markus Nollf Date: December 18, 2003

IN THE UNITED STATES PATENT AND TRADEMARK OFFICE

Applic. No. : 10/714,984
Applicant : Stefan Baumann, et al.
Filed : November 17, 2003

Docket No. : SGL 02/22
Customer No. : 24131

CLAIM FOR PRIORITY

Commissioner for Patents,
P.O. Box 1450, Alexandria, VA 22313-1450

Sir:

Claim is hereby made for a right of priority under Title 35, U.S. Code, Section 119, based upon the German Patent Application 102 53 254.0, filed November 15, 2002.

A certified copy of the above-mentioned foreign patent application is being submitted herewith.

Respectfully submitted,

Markus Nollf
For Applicant

MARKUS NOLFF
REG. NO. 37,006

Date: December 18, 2003

Lerner and Greenberg, P.A.
Post Office Box 2480
Hollywood, FL 33022-2480
Tel: (954) 925-1100
Fax: (954) 925-1101

/av

BUNDESREPUBLIK DEUTSCHLAND



Prioritätsbescheinigung über die Einreichung einer Patentanmeldung

Aktenzeichen: 102 53 254.0

Anmeldetag: 15. November 2002

Anmelder/Inhaber: SGL CARBON AG, Wiesbaden/DE

Bezeichnung: Elektrodenverbindung mit beschichteten
Kontaktflächen

IPC: H 05 B, F 16 B

Die angehefteten Stücke sind eine richtige und genaue Wiedergabe der
ursprünglichen Unterlagen dieser Patentanmeldung.

München, den 18. November 2003
Deutsches Patent- und Markenamt
Der Präsident
Im Auftrag

Stark

Elektrodenverbindung mit beschichteten Kontaktflächen

Die Erfindung betrifft sowohl Elektroden mit stirnseitigen Schachteln und Innengewinden und/oder je zwei Elektroden verbindende Nippel als auch Elektroden mit einer an der einen Stirnseite befindlichen Schachtel mit Innengewinde und mit einem an der anderen Stirnseite befindlichen integrierten Nippel, vorgesehen für einen bei Temperaturen von im wesentlichen über 300°C arbeitenden Elektrodenstrang zum Einsatz in einem Lichtbogenofen zur Herstellung von hochschmelzenden Metallen.

Die Herstellung von carbonisierten oder graphitierten Kohlenstoffkörpern ist eine inzwischen seit über einhundert Jahren beherrschte Technik, die im industriellen Maßstab großtechnisch angewandt wird und deshalb in vielen Punkten ausgefeilt und bezüglich der Kosten optimiert ist. Eine der Beschreibungen dieser Technik findet man in ULLMANN'S ENCYCLOPEDIA OF INDUSTRIAL CHEMISTRY, Vol. A5, VCH Verlagsgesellschaft mbH, Weinheim, 1986, S. 103 bis 113.

Die Anwendbarkeit der Elektroden, Nippel und Elektrodenstränge im Lichtbogenofen hängt von den bei der Herstellung erzielten Eigenschaften, insbesondere auch Oberflächen-Eigenschaften ab. Diese Oberflächen-Eigenschaften hängen z.B. von Werkstoffart (Graphitierungsgrad), vom Porengehalt, von der Korngröße, von der Art der Bearbeitung, die die Oberflächenrauheit bestimmt, aber auch von den Umgebungsbedingungen ab. Elektroden werden im Stahlwerk gelagert und gehandhabt und sind dabei einer Verschmutzung z.B. durch Stahlwerksstaub ausgesetzt. Die vorgenannten Faktoren bestimmen die Reibbeiwerte, die beim Fügen von zwei Körpern – etwa einer Elektrode und einem Nippel oder zwei Elektroden – und bei dem Aufeinandergleiten von zwei Flächen eine Rolle spielen.

Ein Lichtbogenofen enthält mindestens einen Elektrodenstrang. Dieser Strang wird am oberen Ende von einem Tragarm gehalten, über den auch der elektrische Strom in den Elektrodenstrang gelangt. Im Ofenbetrieb geht von der unteren Spitze des Stranges der Lichtbogen in das im Ofen befindliche Schmelzgut. Verursacht durch den Lichtbogen und die hohen Temperaturen im Ofen brennt der Elektrodenstrang an seinem unteren Ende

5 langsam ab. Die Verkürzung des Elektrodenstranges wird dadurch ausgeglichen, dass der Strang stückweise in den Ofen nachgeschoben wird und bei Bedarf am oberen Ende des Stranges eine zusätzliche Elektrode aufgeschraubt wird. Bei Bedarf wird auch ein zum Teil abgebrannter Strang als Einheit aus dem Tragarm entnommen und durch einen frischen Strang ausreichender Länge ersetzt.

Das Anschrauben einzelner Elektroden auf einen im Ofen befindlichen Strang oder das Zusammenschrauben von Elektroden zu einem frischen Strang erfolgt von Hand oder mit einer maschinellen Einrichtung. Insbesondere bei Elektroden mit großem Durchmesser von 600 mm oder darüber sind beträchtliche Kräfte und Drehmomente aufzubringen bzw. Verschraubarbeiten zu erbringen, um den Zusammenhalt eines Elektrodenstranges zu sichern. Der Zusammenhalt eines Stranges ist für die Funktion eines Lichtbogenofens von ausschlaggebender Bedeutung.

15 Der Zusammenhalt eines Stranges ist beim Transport, vorzugsweise jedoch beim Betrieb eines Ofens gefährdet. Beim Betrieb eines Ofens kommen wiederholt beträchtliche Biegemomente durch das Schwenken des Ofengefäßes einschließlich des Stranges auf den Elektrodenstrang beziehungsweise ist der Elektrodenstrang einer anhaltenden Vibration ausgesetzt; auch Schläge auf den Strang durch das Chargiergut belasten den Zusammenhalt des Stranges. Alle Belastungsarten – wiederholte Biegemomente, 20 Vibrationen und Schläge – können eine Lockerung der Verschraubung von Elektroden verursachen. Eine Lockerung ist als das Ergebnis von unvermeidlichen und/oder nicht gewünschten Vorgängen anzusehen.

25 Zur Charakterisierung des Zusammenhaltes eines Elektrodenstranges mit einer messtechnischen Größe bietet sich das "Lösemoment" an. Das Lösemoment zum Aufschrauben einer Elektrodenverbindung wird mit einer Messapparatur bestimmt. Unterhalb des Bereiches einer mechanischen Schädigung der beteiligten Gewinde ist die Lockerung einer Verschraubung um so unwahrscheinlicher und ist der Betrieb mit dem 30 Elektrodenstrang um so sicherer, je höher das Lösemoment einer Elektrodenverbindung ist.

Zum Verständnis seien die Folgen einer Lockerung der Schraubverbindungen eines Elektrodenstranges während des Ofenbetriebes skizziert:

Bei einer Lockerung ist davon auszugehen, dass sich die Verspannung der Verschraubverbindung reduziert. Damit nehmen auch die Anpresskräfte der Kontaktflächen benachbarter Strangelemente ab. Die Lockerung kann so weit fortschreiten, dass sich einige der Kontaktflächen voneinander trennen.

In der Folge erhöht sich der elektrische Widerstand in der Verbindung. Die in Kontakt verbliebenen Flächen werden mit einer erhöhten Stromdichte belastet. Die erhöhte Stromdichte führt zu einer lokalen thermischen Überhitzung.

Bei der Lockerung einer Schraubverbindung wird in der Regel der Nippel einer starken thermischen und mechanischen Belastung ausgesetzt. Letztlich ist das mechanische Versagen des Nippels durch Überhitzung und mechanische Belastung vorgezeichnet. In der Folge fällt die Spitze des Elektrodenstranges ab und stürzt in die Stahlschmelze, der Lichtbogen bricht ab, der Schmelzvorgang ist beendet.

Die Begriffe im folgenden Text sind so zu verstehen:

- ♦ Die Enden einer Elektrode werden auch mit *Stirnseite* bezeichnet.
- ♦ Eine Elektrode hat eine zylindrische Mantelfläche und beidseitig je eine senkrecht zur Elektrodenachse angeordnete *Stirnfläche*.
- ♦ Eine *Schachtel* ist eine coaxial angeordnete Vertiefung in der Stirnseite einer Elektrode. In die coaxialen Innenwände einer Schachtel sind meist zylindrische oder konische Innengewinde eingearbeitet.
- ♦ Ein *Nippel* ist eine zylindrische oder doppelkonische Schraube mit beidseitig je einer senkrecht zur Nippelachse angeordneten *Stirnfläche*. Ein Nippel wird zwecks Verbindung zweier Elektroden etwa je zur Hälfte in eine Schachtel benachbarter Elektroden eingeschraubt.
- ♦ Ein *Preset* besteht aus einer Elektrode und einem in eine Schachtel der Elektrode zur Hälfte darin eingeschraubten Nippel.
- ♦ Es gibt Elektroden, die nur an einer Stirnseite eine Schachtel haben und an der anderen Stirnseite ein nach außen weisendes coaxiales Gewinde. Ein solches nach außen weisendes coaxiales Gewinde wird als *integrierter Nippel* bezeichnet.

- ♦ Nicht nur eine Elektrode und ein Nippel haben Stirnflächen sondern auch der integrierte Nippel hat eine *äußere*, senkrecht zur Nippelachse angeordnete *Stirnfläche*.
- ♦ Angaben zur *Viskosität der Gleitschicht* beziehen sich auf den Lieferzustand der Elektroden und Nippel, nicht auf den Zustand der Gleitschicht zum Zeitpunkt der Erzeugung dieser Schicht.

5

Um den Problemen des ungenügenden Zusammenhaltes und des ungenügenden Stromüberganges von einem Teil eines Elektrodenstranges zum nächsten zu begegnen, sind sehr unterschiedliche Überlegungen angestellt worden und es wird die unten geschilderte Praxis angewandt.



Im schwedischen Patent Nr. 43352 mit Anmeldedatum vom 12. Dezember 1917 wird beschrieben, dass in die Gewindegänge von Elektroden mit integrierten Nippeln Blechstreifen eingelegt wurden. Da Elektroden für das Erschmelzen von hochschmelzenden Metallen gerade in der Nähe des Lichtbogens sehr heiß werden, ist damit zu rechnen, dass das Blech in den Gewindegängen schmilzt und die beabsichtigte Wirkung verloren geht. In der heutigen Praxis der Lichtbogenöfen wird das Einlegen von Blechstreifen in die Kontaktflächen zwischen zwei Elemente eines Elektrodenstranges nicht angewendet.

15



In einem Artikel von J. K. LANCASTER "Transitions in the Friction and Wear of Carbons and Graphites Sliding Against Themselves" aus ASLE TRANSACTIONS, Vol. 18, 3, S.187 bis 201 werden die Reibungsverhältnisse zwischen Kohlenstoffkörpern vorzugsweise bei unterschiedlichen Reibgeschwindigkeiten untersucht. Man kann dieser Veröffentlichung keine Lehre entnehmen, wie zwei Kohlenstoffkörper möglichst fest gegeneinander verschraubt werden können, sieht man von der allgemeinen Einsicht ab, dass bei sehr niedrigen Relativgeschwindigkeiten der beiden Kohlenstoffkörper niedrige Reibbeiwerte beobachtet werden, s. Figuren 1, 2 und 6. Diese Einsicht deutet eher auf ein leichtes voneinander abgleiten von ruhenden Kohlenstoffkörpern hin.

25

30

In der Praxis des Stahlwerks versucht man, die Elektroden möglichst fest aneinander zu schrauben. Wie oben erwähnt, sind die von Hand einbringbaren Kräfte, Drehmomente bzw. Verschraubarbeiten begrenzt. Mit maschinellen Einrichtungen können diese Größen

/ A

beträchtlich gesteigert werden, es wird jedoch nur in einem Teil der Stahlwerke mit solchen maschinellen Verschraubeinrichtungen gearbeitet. Die Stahlwerkspraxis zeigt, dass immer wieder Lockerungen in den Elektrodensträngen vorkommen.

- 5 Es bestand daher die Aufgabe, die Verbindungsstellen eines Elektrodenstranges so zu präparieren, dass keine Lockerung der einzelnen Elemente des Stranges voneinander auftritt oder dass eine hohe Sicherheit des Zusammenhaltes eines Stranges gegeben ist.

Eine weitere Aufgabe bestand darin, den Übergangswiderstand von einem Element des Stranges zum nächsten Element zu senken.

Eine weitere Aufgabe bestand darin, das messbare Lösemoment zwischen benachbarten Elementen zu erhöhen.

- 15 Die erstgenannte Aufgabe wird gemäß dem kennzeichnenden Teil des Anspruches 1 dadurch gelöst, dass die Elektrode und/oder ein je zwei Elektroden verbindender Nippel auf den Kontaktflächen zum nächsten Element des Elektrodenstranges eine dünne Gleitschicht hat und dass die benachbarten Kontaktflächen der Schraubverbindung einen Anpressdruck im Bereich von 0,1 bis 80 N/mm² haben.

Eine solche Gleitschicht erlaubt es, bei gleicher aufgewendeter Kraft zum Verschrauben bzw. bei gleichem aufgebrachtem Drehmoment die Verschraubung weiter zuzudrehen als ohne Gleitschicht.

- 25 Art, Menge und Verteilung der Gleitschicht werden definiert und entsprechend der bei den Verschraubversuchen gewonnenen Erkenntnisse aufgebracht. Das bedeutet, dass der einzelne Kunde für Elektroden die Gleitschicht nicht aufbringen sollte und dieser Vorgang wegen

- ◆ der *Reproduzierbarkeit*,
- ◆ der Verwendung einer Gruppe *optimaler Mittel*,
- 30 ◆ des *Mengen- und Dickenauftrages*,
- ◆ der Auswahl der *Kontaktflächen mit der besten Wirkung* und

♦ des so günstig beeinflussten *Übergangswiderstandes* beim Elektroden-Hersteller erfolgen sollte.

5 Diese Präparation der Verbindungsstellen eines Elektrodenstranges mit einer Gleitschicht sorgt dafür, dass ein Elektrodenstrang nach intensiver Verschraubung keine Lockerung der einzelnen Elemente des Stranges voneinander oder eine hohe Sicherheit des Zusammenhaltes eines Stranges zeigt. Die Sicherheit des Zusammenhaltes beziehungsweise die unterbleibende Lockerung werden mit Hilfe des Lösemomentes gekennzeichnet. Wie in den folgenden Beispielen im Einzelnen beschrieben, werden mit der erfindungsgemäßen Präparation der Verbindungsstellen höhere Lösemomente erreicht als mit nicht präparierten Verbindungsstellen. Dies gilt sowohl für handverschraubte Stränge als auch für mit maschineller Einrichtung verschraubte Elektrodenstränge.

15 Es war nicht naheliegend, auf die Kontaktflächen von Schraubverbindungen für Kohlenstoff- oder Graphitelektroden ein Gleitmittel zu geben. Ursache ist die allgemein bekannte Tatsache, dass Graphit selbst ein Schmiermittel ist. Dies gilt zumindest bei Anwesenheit geringster Mengen Feuchtigkeit. Dabei reicht die übliche Luftfeuchtigkeit schon aus, um sehr niedrige Reibbeiwerte zu erzielen.

20 Ein weiteres Argument gegen die Verwendung von Gleitmitteln in Schraubverbindungen für Kohlenstoff- oder Graphitelektroden ist die hohe Porosität von Kohlenstoff- oder Graphitelektroden. Niedrigviskose Gleitmittel, wie etwa Öle, würden wegen der Kapillarwirkung des Kohlenstoffes oder Graphites sofort von den Kontaktflächen in das Innere des Materiales gesogen, es bliebe allenfalls – je nach Benetzungswinkel zwischen Oberfläche und Gleitmittel - ein sehr dünner, möglicherweise leicht entfernbare Film eines solchen Gleitmittels auf der Kontaktfläche.

Die Lösung der Aufgaben wird durch die kennzeichnenden Teile der Ansprüche zwei bis dreizehn in vorteilhafter Weise ausgestaltet.

30 Die auf die Kontaktflächen der Elemente eines Elektrodenstranges aufgebrachte Gleitschicht bedeckt die Flächen partiell oder geschlossen durchgängig. Eine partielle Bedeckung genügt insbesondere bei dicken Gleitschichten von mehr als 0,5 mm Dicke.

Das Material der Gleitschicht liegt auf den Kontaktflächen auf und kann daher auch als filmbildend bezeichnet werden im Gegensatz zu dünnflüssigen Materialien, mit denen die Ausbildung einer Gleitschicht auf den porösen Kohlenstoffelementen weniger gut möglich ist. Die kinematische Viskosität des Materiales der Gleitschicht beträgt mindestens

5 20 mm²/s. Das Material der Gleitschicht gehört zur Gruppe der Schmierstoffe, die auch Festschmierstoffe und Gleitlacke umfassen. Die Gruppe der Schmierstoffe ist durch eine große Vielfalt ausgezeichnet, die verschiedene Klassen von chemischen – meist organischen – Verbindungen umfasst. Diese – meist organischen – Verbindungen werden je nach Anforderungen an den Schmierstoff mit einem oder mehreren Additiven gemischt, wobei die Anzahl der in Frage kommenden Additive sehr groß ist.

Die Wirkung der Schmierstoffe ist unterschiedlich. Es hat sich gezeigt, dass im Falle der Schraubverbindung von Elementen eines Elektrodenstranges aus Kohlenstoffen bestimmte Kombinationen von Anpressdrücken der benachbarten Kohlenstoffelemente und von
15 Schmierstoffen vorteilhaft sind. Bei relativ niedrigen Anpressdrücken von 0,1 bis 5,0 N/mm² eignen sich Schmierstoffe aus der Gruppe der Fluorpolymere, der Polytetrafluorethylene (PTFE), der Festschmierstoffe wie Molybdändisulfide oder/und der Silikone als Materialien der Gleitschicht auf den benachbarten Kontaktflächen der Schraubverbindung.

20 Bei relativ höheren Anpressdrücken von 1 bis 80 N/mm² eignen sich Schmierstoffe aus der Gruppe der viskosen Schmierstoffe mit kinematischen Viskositäten zwischen 20 bis 1000 mm²/s, bevorzugt zwischen 100 und 600 mm²/s, wie Paraffine oder/und veresterte langkettige Carbonsäuren als Materialien der Gleitschicht auf den benachbarten Kontaktflächen der Schraubverbindung.

25

Die weitere Aufgabe wird gemäß dem kennzeichnenden Teil des Anspruches 5 dadurch gelöst, dass der bei Einsatztemperaturen im Lichtbogenofen von im wesentlichen über 300°C und bei mit bestimmten Anzugsmomenten verspannten, benachbarten Elementen herrschende Übergangswiderstand zwischen benachbarten Elementen mit ursprünglich
30 aufgetragener dünner Gleitschicht um zehn bis dreißig Prozent niedriger ist als der Übergangswiderstand zwischen benachbarten Elementen ohne ursprünglich aufgetragener dünner Gleitschicht.

Eine weitere Aufgabe bestand darin, das messbare Lösemoment zwischen benachbarten Elementen eines Elektrodenstranges zu erhöhen. Die Aufgabe wird gemäß dem kennzeichnenden Teil des Anspruches 6 gelöst. Auf die Kontaktflächen der Elemente eines Elektrodenstranges wird erfindungsgemäß eine Gleitschicht aufgebracht. Die so behandelten Elemente werden gegeneinander verschraubt, so dass die Kontaktflächen benachbarter Elemente je nach Grad der Verschraubung unter einem bestimmten Anpressdruck stehen. Die Sicherheit des Zusammenhaltes eines Elektrodenstranges an der Verschraubungsstelle wird mit dem Lösemoment der Verbindung gemessen. Man stellt bei Messungen fest, dass das bei einem bestimmten Anpressdruck benachbarter Elemente messbare Lösemoment zwischen benachbarten Elementen mit der dünnen Gleitschicht um mindestens 15 Prozent höher ist als das Lösemoment zwischen benachbarten Elementen gleichen Anpressdruckes ohne die dünne Gleitschicht.

Eine weitere Erläuterung ist dem Beispiel 3 zu entnehmen.

15. Die Gleitschicht befindet sich erfindungsgemäß auf der Kontaktfläche der Elemente eines Elektrodenstranges. Dabei besteht die Kontaktfläche aus einer oder mehreren der Flächen von den Stirnflächen der Elektrode und von den Gewindeflächen der Elektrodenschachtel und/oder der Gewindeflächen des Nippels.

20. Im Gegensatz zu niedrigviskosen Gleitmitteln, die vom porösen Kohlenstoff aufgesogen werden können und möglicherweise keine Gleitschicht ausbilden, gelingt die Ausbildung einer Gleitschicht auf der porösen Kohlenstoff- oder Graphitkontaktfläche mit filmbildenden oder auch hochviskosen Gleitmitteln. Die Gleitschicht auf der Kontaktfläche hat zweckmäßiger Weise eine Dicke von 0,001 bis 5,0 mm, vorzugsweise von 0,005 bis 0,5 mm.

25. Ein Elektrodenstrang kann aus einem einheitlichen Material oder aus verschiedenen Materialien bestehen. Der häufigste Fall ist derjenige, bei dem Elektrode und Nippel aus Graphit bestehen. Bei einem anderen Fall bestehen Elektrode und Nippel aus carbonisiertem Kohlenstoff, beide Komponenten wurden bei ihrer Herstellung mit einer maximalen Temperatur von deutlich unter 2000°C behandelt, vorzugsweise von unter

1200°C behandelt. Bei wiederum einem anderen Fall besteht die Elektrode aus carbonisiertem Kohlenstoff und der Nippel aus Graphit.

5 Eine für den Elektrodenutzer, meistens ein Elektro-Stahlwerk, zweckmäßige Lieferform ist das Preset. Die innere Kontaktfläche des Preset wird beim Elektrodenhersteller entweder freigelassen und Elektrode sowie Nippel zusammengeschraubt oder die Elektrode und/oder der Nippel haben auf der Kontaktfläche eine dünne Gleitschicht. Dabei besteht die innere Kontaktfläche aus einer oder beiden der Flächen von Gewindeflächen der Elektrodenschachtel und von Gewindeflächen des Nippels.

15 Wird ein Preset im Lichtbogenofen eingesetzt, so hat auch das Preset erfindungsgemäß auf einer oder mehreren der Kontaktflächen zum nächsten Preset oder zum nächsten Teil des Elektrodenstranges eine dünne Gleitschicht. Dabei hat das Preset an der einen Stirnseite eine Kontaktfläche, die aus einer oder beiden der Flächen von Stirnfläche der Elektrode und von Gewindeflächen der Elektrodenschachtel besteht, und an der anderen Stirnseite hat das Preset eine Kontaktfläche, die aus einer oder mehreren der Flächen von Stirnfläche der Elektrode, Gewindeflächen des Nippels und Stirnfläche des Nippels besteht.

20 Nicht alle Elektroden haben an beiden Stirnseiten coaxial angeordnete Schachteln mit Innengewinden. Vielmehr gibt es Elektroden, die nur an einer Stirnseite eine solche Schachtel aufweisen und an der anderen Stirnseite einen integrierten coaxialen Nippel haben. Auch solche Elektroden haben die erfindungsgemäße Gleitschicht auf der gewünschten Kontaktfläche. Die gewünschte Kontaktfläche besteht in diesen Fällen an der
25 einen Stirnseite der Elektrode aus einer oder beiden der Flächen von Stirnfläche der Elektrode und von Gewindeflächen der Elektrodenschachtel und an der anderen Stirnseite der Elektrode aus einer oder mehreren der Flächen von Stirnfläche der Elektrode und Gewindeflächen des integrierten coaxialen Nippels.

Beispiel 1:

Auf einem Verschraubstand der Fa. Piccardi (Dalmine(Bergamo)/ Italien) mit der Bezeichnung „Nipplingstation“, Baujahr 1997, wurden zwei Graphitelektroden mit Durchmessern von jeweils 750 mm mit einem passenden Nippel zu einem Elektrodenstrang verschraubt. Dabei wurde ein Preset aus einer Elektrode und einem bereits in eine Schachtel der Elektrode vorverschraubten Nippel eingesetzt. Preset und Elektrode wurden miteinander verschraubt. Bei Erreichen eines Anzugsmomentes von 7500 Nm wurde die Verschraubung beendet.

Um die Sicherheit des Zusammenhaltes der Verschraubung zu charakterisieren, wurde die Verbindung anschließend wieder geöffnet und dabei das Lösemoment gemessen.

Dieses prinzipielle Vorgehen wurde in drei Varianten A, B und C ausgeführt:

Variante A

Die Kontaktflächen von Preset und Elektrode erhielten keine erfindungsgemäße Gleitschicht und wurden in ihrem ursprünglichen Zustand verschraubt.

Variante B

Die Kontaktflächen des Preset und der einzelnen Elektrode wurden mit der erfindungsgemäßen Gleitschicht versehen. Die Gleitschicht bestand aus dem Lagerfett mit der Typenbezeichnung arcanol 12V von der Firma FAG Kugelfischer (Schweinfurt / Deutschland). Als Kontaktflächen wurden die Stirnfläche der Elektrode und die freien Gewindeflächen des Nippels ausgewählt. Die Dicke der Gleitschicht betrug 0,1 mm.

25 Variante C

Nur die Stirnfläche der Elektrode des Preset wurde mit der erfindungsgemäßen Gleitschicht versehen. Die Gleitschicht bestand aus dem Lagerfett mit der Typenbezeichnung arcanol 12V von der Fa. FAG Kugelfischer (Schweinfurt / Deutschland). Die Dicke der Gleitschicht betrug 0,5 mm.

Tabelle 1

Die angegebenen Werte gelten für Elektroden mit einem Durchmesser von 750 mm und für ein Anzugsmoment von 7500 Nm beim Verschrauben.

5

	Gleitmittel	Beschichtete Flächen	Schichtdicke [mm]	Lösemoment [Nm]
Variante A	ohne Gleitmittel			8 300
Variante B	Lagerfett arcanol 12V	Stirnfläche Elektrode und Gewindeflächen Nippel	0,1	> 20 000
Variante C	Lagerfett arcanol 12V	Stirnfläche Elektrode	0,5	15 500

Wie aus der Tabelle 1 hervorgeht, war das Lösemoment abhängig von der Art der Behandlung der Kontaktflächen und dem Anteil der beschichteten Flächen an der gesamten Kontaktfläche. Das niedrigste Lösemoment wurde bei Kontaktflächen ohne Gleitschicht erreicht (Variante A). Nach Aufbringen einer Gleitschicht auf die Kontaktfläche wurden sehr hohe Lösemomente gemessen. Wenn nur ein Teil der gesamten Kontaktfläche mit einer Gleitschicht versehen war (Variante C), fiel das Lösemoment niedriger aus als bei vollständiger Beschichtung der Kontaktfläche (Variante B).

10

15

Größere Dicken der Gleitschichten als in Variante C verminderten nicht die Höhe des Lösemomentes. Das überschüssige Material der Gleitschicht wurde in die Poren der Elektroden und des Nippels bzw. aus der gesamten Verbindung des Elektrodenstranges gepresst. Bei solchen nicht in Tabelle 1 aufgelisteten Versuchen konnte beobachtet werden, dass größere Dicken der Gleitschichten zu erhöhten, ebenfalls in Tabelle 1 nicht notierten Werten für Verschraubarbeiten führten.

20

Beispiel 2:

Bei diesen Versuchen wurde wieder das prinzipielle Vorgehen des Beispiels 1 gewählt. Im Unterschied zu Beispiel 1 wurden jedoch sowohl Elektroden mit einem Durchmesser von 750 mm als auch Elektroden mit 600 mm eingesetzt. Wie in Beispiel 1 wurden die Elektroden mit einem Durchmesser von 750 mm mit einem Anzugsmoment von 7500 Nm verschraubt. Die Elektroden mit einem Durchmesser von 600 mm wurden jedoch mit einem Anzugsmoment von 4000 Nm verschraubt.

Für die Versuchsvarianten A und B wurden Elektroden mit einem Durchmesser von 750 mm eingesetzt und es wurde mit einem Anzugsmoment von 7500 Nm verschraubt.

Variante A

Die Kontaktflächen von Preset und Elektrode erhielten keine erfindungsgemäße Gleitschicht und wurden in ihrem ursprünglichen Zustand verschraubt.

Variante B

Die Kontaktflächen des Preset und der einzelnen Elektrode wurden mit der erfindungsgemäßen Gleitschicht versehen. Die Gleitschicht bestand aus der wässrigen PTFE-Suspension mit der Typenbezeichnung TF 5032 PTFE von der Firma Dyneon (Burgkirchen / Deutschland). Als Kontaktflächen wurden die Stirnfläche der Elektrode und die freien Gewindeflächen des Nippels ausgewählt. Die Dicke der Gleitschicht betrug 0,005 mm.

Für die Versuchsvarianten C und D wurden Elektroden mit einem Durchmesser von 600 mm eingesetzt und es wurde mit einem Anzugsmoment von 4000 Nm verschraubt.

Variante C

Die Kontaktflächen von Preset und Elektrode erhielten keine erfindungsgemäße Gleitschicht und wurden in ihrem ursprünglichen Zustand verschraubt.

Variante D

Die Kontaktflächen des Preset und der einzelnen Elektrode wurden mit der erfindungsgemäßen Gleitschicht versehen. Die Gleitschicht bestand aus der wässrigen PTFE-Suspension mit der Typenbezeichnung TF 5032 PTFE von der Firma Dyneon (Burgkirchen / Deutschland). Als Kontaktflächen wurden die Stirnfläche der Elektrode und die freien Gewindeflächen des Nippels ausgewählt. Die Dicke der Gleitschicht betrug 0,005 mm.

Tabelle 2

Die angegebenen Werte gelten für Elektroden mit einem Durchmesser von 750 mm und für ein Anzugsmoment von 7500 Nm beim Verschrauben.

	Gleitmittel	Beschichtete Flächen	Schichtdicke [mm]	Lösemoment [Nm]
Variante A	ohne Gleitmittel			8 300
Variante B	wässrige PTFE-Suspension	Stirnfläche Elektrode und Gewindeflächen Nippel	0,005	11 500

Tabelle 3

Die angegebenen Werte gelten für Elektroden mit einem Durchmesser von 600mm und für ein Anzugsmoment von 4000Nm beim Verschrauben.

	Gleitmittel	Beschichtete Flächen	Schichtdicke [mm]	Lösemoment [Nm]
Variante C	ohne Gleitmittel			4.100
Variante D	wässrige PTFE-Suspension	Stirnfläche Elektrode und Gewindeflächen Nippel	0,005	5.200

Wie aus den Tabellen 2 und 3 hervorgeht, war das Lösemoment abhängig von der Art der Behandlung der Kontaktflächen. Das jeweils niedrigere Lösemoment wurde bei Kontaktflächen ohne Gleitschicht erreicht (Varianten A und C). Nach Aufbringen einer Gleitschicht auf die Kontaktfläche wurde das höhere Lösemoment gemessen (Varianten B und D).

Beispiel 3:

Auf einem Verschraubstand der Fa. Piccardi (Dalmine(Bergamo)/ Italien) mit der Bezeichnung „Nipplingstation“, Baujahr 1997, wurden zwei Graphitelektroden mit Durchmessern von jeweils 750 mm mit einem passenden Nippel zu einem Elektrodenstrang verschraubt. Dabei wurde ein Preset aus einer Elektrode und einem bereits in eine Schachtel der Elektrode vorverschraubten Nippel eingesetzt. Preset und Elektrode wurden miteinander verschraubt. Im Gegensatz zu den Beispielen 1 und 2 wurde im Beispiel 3 nicht bis zu einem oberen Wert eines Anzugsmomentes verschraubt sondern bis zum Erreichen eines bestimmten Anpressdruckes der Stirnflächen von benachbarten Elektroden einer Schraubverbindung. Als Anpressdruck wurden 8 MPa gewählt.

Um die Sicherheit des Zusammenhaltes der Verschraubung zu charakterisieren, wurde die Verbindung anschließend wieder geöffnet und dabei das Lösemoment gemessen.

Dieses prinzipielle Vorgehen wurde in zwei Varianten A und B ausgeführt:

Variante A

Die Kontaktflächen von Preset und Elektrode erhielten keine erfindungsgemäße Gleitschicht und wurden in ihrem ursprünglichen Zustand verschraubt.

Variante B

Die Kontaktflächen des Preset und der einzelnen Elektrode wurden mit der erfindungsgemäßen Gleitschicht versehen. Die Gleitschicht bestand aus dem Lagerfett mit der Typenbezeichnung arcanol 12V von der Firma FAG Kugelfischer (Schweinfurt / Deutschland). Als Kontaktflächen wurden die Stirnfläche der Elektrode und die freien Gewindeflächen des Nippels ausgewählt. Die Dicke der Gleitschicht betrug 0,1 mm.

Tabelle 4

Die angegebenen Werte gelten für Elektroden mit einem Durchmesser von 600 mm und für einen Anpressdruck der Stirnflächen benachbarter Elektroden von 8 MPa nach dem Verschrauben.

	Gleitmittel	Beschichtete Flächen	Schichtdicke [mm]	Lösemoment [Nm]
Variante A	ohne Gleitmittel			3 900
Variante B	Lagerfett arcanol 12V	Stirnfläche Elektrode und Gewindeflächen Nippel	0,1	4 500

Wie aus der Tabelle 4 hervorgeht, war das Lösemoment abhängig von der Art der Behandlung der Kontaktflächen. Das niedrigere Lösemoment wurde bei Variante A mit Kontaktflächen ohne Gleitschicht erreicht. Nach Aufbringen einer Gleitschicht auf die Kontaktflächen und nach Einstellen eines Anpressdruckes von 8 MPa wurde bei Variante B das gegenüber Variante A um mindestens 15% höhere Lösemoment gemessen.

Durch die folgenden Figuren wird die Erfindung beispielhaft weiter erläutert. Es zeigen:

Fig. 1 einen Schnitt parallel zur Längsachse durch eine Elektrode 1 mit beidseitig in die Stirnflächen 3 eingebrachten Schachteln, jeweils mit zylindrischem Innengewinde, sowie Ansicht der Längsseite eines unabhängigen Nippels 2 mit zylindrischem Gewinde.

Fig. 2 eine Ansicht der Längsseite einer Elektrode 1 mit einem an einer Stirnseite 3 angeformten, integrierten coaxialen Nippel. An der anderen Stirnseite ist die Seitenansicht der Elektrode mit einem Schnitt parallel zur Längsachse aufgebrochen. Der Schnitt zeigt an dieser Stelle eine Schachtel mit konischem Innengewinde.

Fig. 3 zeigt einen Schnitt parallel zur Längsachse durch ein Preset 9, das aus einer Elektrode mit konischen Schachteln und einem Nippel mit doppelt-konischem Gewinde besteht.

Beschreibung der Figuren:

Nach Fig. 1 sind als Kontaktflächen der Elektroden 1 zu nennen:

- Stirnfläche 3 der Elektrode 1 und
- Gewindeflächen 4 der coaxial angeordneten Elektrodenschachtel.

Der Schachtelboden 10 der Elektrode ist keine mit einer Gleitschicht zu versehende Kontaktfläche.

Bei einem unabhängigen Nippel 2 gibt es

- die Kontaktflächen Gewindeflächen 5 des Nippels 2 und
- beidseitige Stirnflächen 6 des Nippels 2.

Nach Fig. 2 sind als Kontaktflächen der Elektroden 1 mit integriertem Nippel zu nennen:

- Stirnfläche 3 der Elektrode 1 und
- Gewindeflächen 7 des integrierten coaxialen Nippels sowie
- an der anderen Stirnseite der Elektrode 1 deren Stirnfläche 3 und Gewindeflächen 4 der Schachtel.

Die äußere Stirnfläche 8 des integrierten coaxialen Nippels ist keine mit einer Gleitschicht zu versehende Kontaktfläche.

Der Schachtelboden 10 der Elektrode ist keine mit einer Gleitschicht zu versehende Kontaktfläche.

Nach Fig. 3 sind als innere Kontaktflächen des Preset 9 zu nennen:

- Gewindeflächen 4 der coaxial angeordneten Elektrodenschachtel und die
- Gewindeflächen 5 des unabhängigen Nippels 2.

- 5 Die Stirnflächen 6 des Nippels 2 sind keine mit einer Gleitschicht zu versehenen Kontaktflächen.

Als äußere Kontaktflächen des Preset 9 sind auf der Seite des eingeschraubten Nippels 2 zu nennen:

- 10
- Gewindeflächen 5 des unabhängigen Nippels 2 sowie
 - Stirnfläche 3 der Elektrode 1.


Die Stirnflächen 6 des Nippels 2 sind keine mit einer Gleitschicht zu versehenen Kontaktflächen.

- 15 Als äußere Kontaktflächen des Preset 9 sind auf der Seite ohne eingeschraubten Nippel zu nennen:

- Stirnfläche 3 der Elektrode 1 und
- Gewindeflächen 4 der coaxial angeordneten Elektrodenschachtel.

Der Schachtelboden 10 der Elektrode ist keine mit einer Gleitschicht zu versehende Kontaktfläche.

Bezugszeichenliste zu den Figuren

- | | | |
|---|---|---|
| | 1 | Elektrode |
| 5 | 2 | Unabhängiger Nippel |
| | 3 | Stirnfläche der Elektrode |
| | 4 | Gewindeflächen der Elektrodenschachtel |
| | 5 | Gewindeflächen des Nippels |
| | 6 | Stirnfläche des Nippels |
|  | 7 | Gewindeflächen des integrierten Nippels |
| | 8 | äußere Stirnfläche des integrierten Nippels |
| | 9 | Preset |
| 10 | | Schachtelboden |

Patentansprüche

1. Elektrode (1) mit stirnseitigen Schachteln und Innengewinden und/oder ein je zwei
solche Elektroden (1) verbindender Nippel (2), vorgesehen für einen Elektrodenstrang
zum Einsatz in einem Lichtbogenofen zur Herstellung von hochschmelzenden
Metallen, dadurch gekennzeichnet, dass
die Elektrode (1) und / oder der je zwei Elektroden verbindende Nippel (2) auf den
Kontaktflächen zum nächsten Element des Elektrodenstranges eine dünne Gleitschicht
hat und dass die benachbarten Kontaktflächen der Schraubverbindung einen
Anpressdruck im Bereich von 0,1 bis 80 N/mm² haben.
2. Elektrode (1) und/oder verbindender Nippel (2) nach Anspruch 1 dadurch
gekennzeichnet, dass
die Gleitschicht ein partiell oder geschlossen durchgängig auf den Kontaktflächen
aufliegendes Material aus der Gruppe der Schmierstoffe, auch Festschmierstoffe und
Gleitlacke, und möglichen Additiven einzeln oder in Mischungen von zwei oder mehr
Komponenten mit kinematischen Viskositäten von mindestens 20 mm²/s enthält.
3. Elektrode (1) und/oder verbindender Nippel (2) nach den Ansprüchen 1 und 2 dadurch
gekennzeichnet, dass
die Gleitschicht auf benachbarten Kontaktflächen ein Material aus der Gruppe der
Fluorpolymere, der Polytetrafluorethylene (PTFE), der Festschmierstoffe wie
Molybdändisulfide oder/und der Silikone enthält und dass
die benachbarten Kontaktflächen der Schraubverbindung einen Anpressdruck im
Bereich von 0,1 bis 5,0 N/mm² haben.
4. Elektrode (1) und/oder verbindender Nippel (2) nach den Ansprüchen 1 und 2 dadurch
gekennzeichnet,
die Gleitschicht auf benachbarten Kontaktflächen ein Material aus der Gruppe der
viskosen Schmierstoffe mit kinematischen Viskositäten zwischen 20 bis 1000 mm²/s,
bevorzugt zwischen 100 und 600 mm²/s, wie Paraffine oder/und veresterte langkettige
Carbonsäuren, enthält und dass

die benachbarten Kontaktflächen der Schraubverbindung einen Anpressdruck im Bereich von 1 bis 80 N/mm² haben.

5. Benachbarte Elemente eines Elektrodenstranges nach einem oder mehreren der Ansprüche 1 bis 4 dadurch gekennzeichnet, dass
5 der bei Einsatztemperaturen im Lichtbogenofen von im wesentlichen über 300°C und bei mit bestimmten Anzugsmomenten verspannten, benachbarten Elementen herrschende Übergangswiderstand zwischen benachbarten Elementen mit ursprünglich aufgetragener dünner Gleitschicht um zehn bis dreißig Prozent niedriger ist als der Übergangswiderstand zwischen benachbarten Elementen ohne ursprünglich aufgetragener dünner Gleitschicht.

6. Benachbarte Elemente eines Elektrodenstranges nach einem oder mehreren der Ansprüche 1 bis 5 dadurch gekennzeichnet, dass
15 das bei einem bestimmten Anpressdruck benachbarter Elemente messbare Lösemoment zwischen benachbarten Elementen mit der ursprünglich aufgetragenen dünnen Gleitschicht um mindestens 15 Prozent höher ist als das Lösemoment zwischen benachbarten Elementen gleichen Anpressdruckes ohne die ursprünglich aufgetragene dünne Gleitschicht.

20 7. Elektrode (1) und/oder verbindender Nippel (2) nach einem oder mehreren der Ansprüche 1 bis 6 dadurch gekennzeichnet, dass die Kontaktfläche eine oder mehrere der Flächen von den Stirnflächen (3) der Elektrode, von den Gewindeflächen der Elektrodenschachtel (4) und / oder der Gewindeflächen des Nippels (5) ist.
25

8. Elektrode (1) und / oder verbindender Nippel (2) nach einem oder mehreren der Ansprüche 1 bis 7 dadurch gekennzeichnet, dass
30 die Gleitschicht im Lieferzustand der Elektroden (1) auf der Kontaktfläche eine Dicke von 0,001 mm bis 5,00 mm, vorzugsweise von 0,005 mm bis 0,50 mm hat.

5 9. Elektrode (1) und/oder Nippel (2) nach einem oder mehreren der Ansprüche 1 bis 8 dadurch gekennzeichnet, dass
die Elektrode (1) und der Nippel (2) entweder aus carbonisiertem Kohlenstoff oder aus Graphit sind oder die Elektrode (1) aus carbonisiertem Kohlenstoff und der Nippel (2) aus Graphit sind.

10. Elektrode (1) und Nippel (2) nach einem oder mehreren der Ansprüche 1 bis 9 dadurch gekennzeichnet, dass
Elektrode (1) und Nippel (2) zu einem Preset (9) zusammengefasst sind und dass die innere Kontaktfläche des Preset (9) entweder eine dünne Gleitschicht hat oder nicht wobei
die innere Kontaktfläche aus einer oder beiden der Flächen von Gewindeflächen der Elektrodenschachtel (4) und von Gewindeflächen des Nippels (5) besteht.

15 11. Preset (9) nach Anspruch 10 dadurch gekennzeichnet, dass
das Preset (9) auf einer oder mehreren der Kontaktflächen zum nächsten Preset (9) oder zum nächsten Teil des Elektrodenstranges eine dünne Gleitschicht hat.

20 12. Preset (9) nach Anspruch 11 dadurch gekennzeichnet, dass
das Preset (9) an der einen Stirnseite eine Kontaktfläche hat, die aus einer oder beiden der Flächen von Stirnfläche der Elektrode (3) und von Gewindeflächen der Elektrodenschachtel (4) besteht, und dass das Preset (9) an der anderen Stirnseite eine Kontaktfläche hat, die aus einer oder beiden der Flächen von Stirnfläche der Elektrode (3) und Gewindeflächen des Nippels (5) besteht.

25 13. Elektrode (1) mit an der einen Stirnseite befindlicher Schachtel mit Innengewinde und mit an der anderen Stirnseite befindlichem integriertem Nippel, vorgesehen für einen aus mehreren Kohlenstoff- oder Graphit-Elektroden bestehenden Elektrodenstrang zum Einsatz in einem Lichtbogenofen zur Herstellung von hochschmelzenden
30 Metallen, dadurch gekennzeichnet, dass
die Kontaktfläche zum nächsten Element des Elektrodenstranges eine dünne Gleitschicht hat wobei die Kontaktfläche an der einen Stirnseite der Elektrode aus

einer oder beiden der Flächen von Stirnfläche der Elektrode (3) und von Gewindeflächen der Elektrodenschachtel (4) besteht und die Kontaktfläche an der anderen Stirnseite der Elektrode aus einer oder mehreren der Flächen von Stirnfläche der Elektrode (3) und Gewindeflächen des integrierten koaxialen Nippels (7) der Elektrode besteht.

5

Elektrodenverbindung mit beschichteten Kontaktflächen

Zusammenfassung

- 5 Die Kontaktflächen in unterschiedlich aufgebauten Elektrodensträngen aus Kohlenstoff und Graphit werden mit Gleitschichten versehen. Mit Hilfe dieser Gleitschichten können die Elemente eines Stranges stärker gegeneinander verschraubt werden wodurch ein höheres Lösemoment und eine höhere Betriebssicherheit erreicht werden.



Fig. 1



Fig. 1

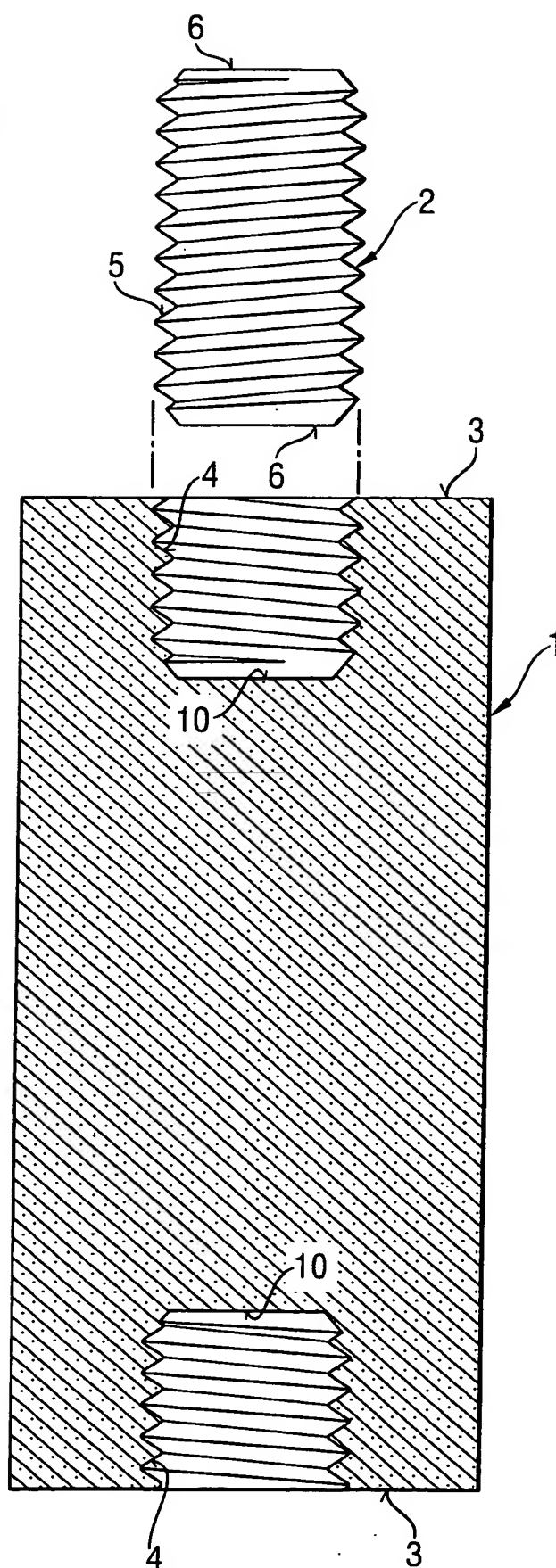
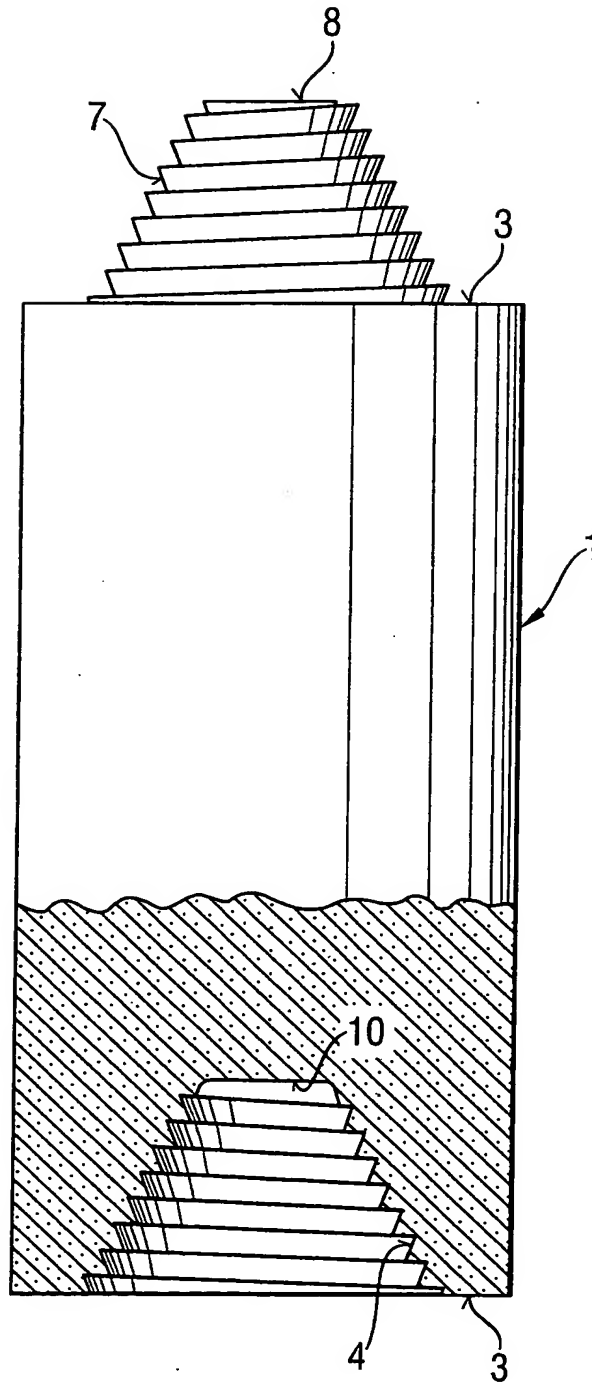
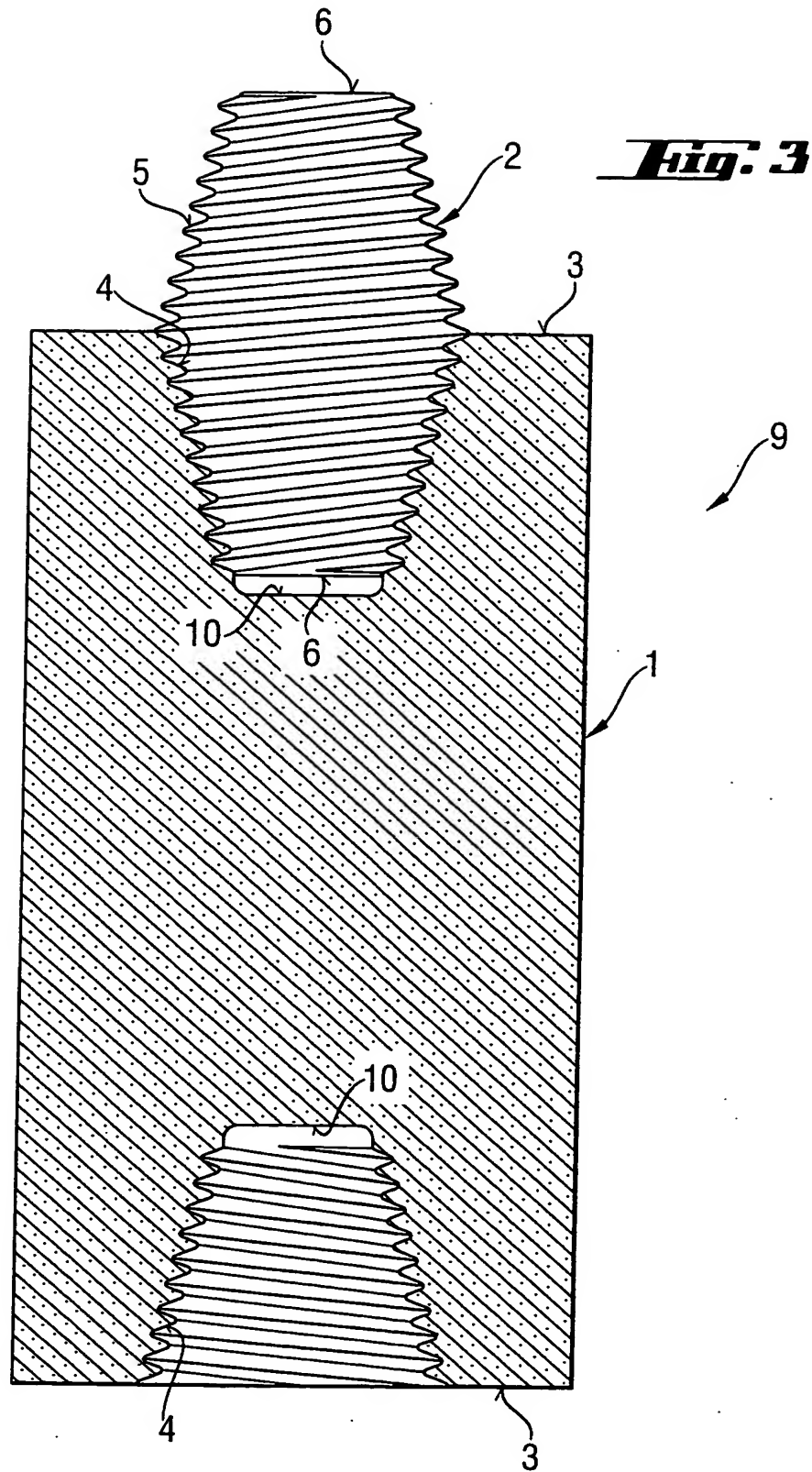


Fig. 2



ABSTRACT
ZUSAMMENFASSUNG
ABRÉGÉ

